

На рис. 1 показано результати вимірювання епюр розподілу швидкостей за сповільненого руху із часом закриття клапану 5,0 с. Час, вказаний на кожному розподілі швидкостей, відповідає моменту, вимірюваному від початку закриття регульованого затвора, розташованого на початку трубопроводу.

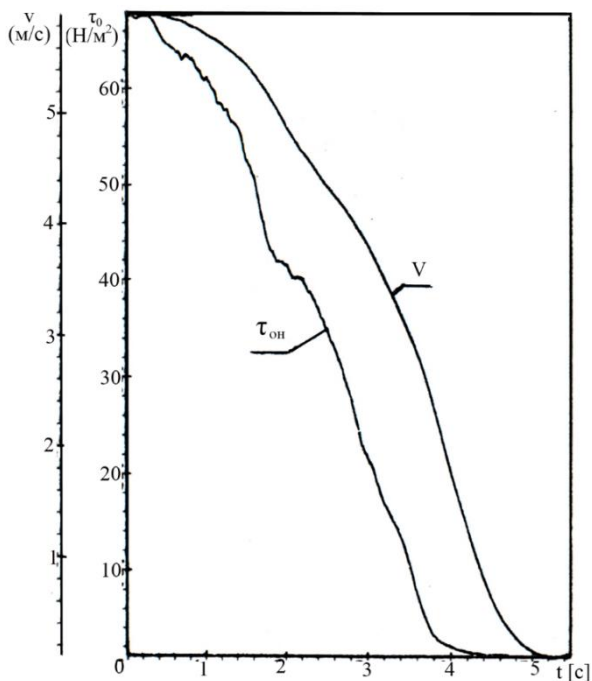


Рис. 2 – Зміна середньої швидкості в перерізі і дотичного напруження на стінці при сповільненій течії рідини в трубопроводі $d=0,0334\text{м}$, $(-dv/dt=1,16\text{м/с}^2)$

Список використаних джерел

1. Яхно О.М. Залежність середньої швидкості потоку від зростання тиску при неусталеному русі рідини в трубопроводі/ О.М. Яхно, Р.М. Гнатів //Вісник НТТУ “КПІ” Серія машинобудув.-2013.-№ 3(69).- С. 198-202.
2. Гнатів Р.М. Гідравлічні закономірності при сповільненому русі рідини в напірному циліндричному трубопроводі/ Р.М. Гнатів// Промислова гідраліка і пневматика.- 2014.-№2(44).- С. 27-30.

УДК 630*377.4:531.6

Мачуга О. С., к.ф.-м.н., доц., Яхно О. М., д.т.н., проф.

1 – НЛТУ України, м. Львів, Україна, 2 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

МЕТОДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ В РОЗВ’ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕАЛЬНИХ МЕХАНІЧНИХ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Анотація. Обґрунтовано загальну методологію будування варіаційних нерівностей, яку використано для отримання інженерного оцінювання розв’язків низки задач досліджуваної проблематики. Розвинуто та систематизовано методи будування математичних виразів ексергії та анергії, що дозволило отримати нові результати стосовно механічної поведінки складних елементів конструкцій: розтріскування матеріалу, розширення діапазону власних частот, залежність рівня демпфування від міжфазної пошкодженості. Удосконалено методи проєктуючих розрахунків машин, що перебувають у складних умовах експлуатації, зокрема розрахунків на міцність, коригування тягових характеристик, енергозабезпечення робочих процесів із відновних джерел, встановлення раціональних режимів.

Ключові слова: енергетичний підхід, варіаційні нерівності, методологія розрахунку елементів конструкцій машин, робоче середовище, колієутворення, міцність елементів конструкції, енергозабезпечення, раціональні режими роботи.

Експлуатація машин та технологічного устаткування породжують низку проблем, викликаних взаємодією елементів таких об'єктів із робочим середовищем та предметом обробітку. Формалізованими моделями цих об'єктів є механічні та гідромеханічні системи, в яких певним чином урахуються реологічні та структурні особливості їхніх компонент. Подібна проблематика характерна й для взаємодії руслових потоків рідини, що взаємодіють із елементами берегової лінії та земляними греблями.

Встановлено первинність енергетичного підходу [1] в дослідженні поведінки будь-яких матеріальних об'єктів, зокрема механічних і гідромеханічних систем, як формалізованих моделей машин та робочого середовища. Енергія є первинною характеристикою стану таких об'єктів, із неї можливо отримати всі інші параметри стану: напруження, деформації, переміщення, швидкості точок тощо [2]. Дослідження енергетичного ресурсу в процесі його трансформації може також призвести до будування критеріїв поведінки розглядуваних об'єктів [3], що є доволі утрудненим під час аналізу поведінки структурно неоднорідних неідеалізованих механічних і гідромеханічних систем за допомогою інших підходів.

Однак застосування засобів енергетичного підходу в поєднанні з варіаційними (прямими) методами дослідження поведінки структурно неоднорідних неідеалізованих механічних і гідромеханічних систем із вираженими дисипативними властивостями, пов'язане з такими методологічними труднощами:

1. Застосування енергетичного підходу в дослідженнях механічної поведінки матеріальних об'єктів базується на формулюванні відповідного варіаційного принципу, математичний вираз якого має вигляд варіаційного рівняння задачі визначення екстремуму. У випадку неідеалізованих об'єктів, механічна поведінка яких супроводжується дисипацією енергії, використання варіаційних принципів у класичному вигляді не є цілком справедливим.

2. Взаємодія окремих неідеалізованих складників механічної системи супроводжується процесами енергетичного обміну в умовах наперед невідомих областей контактної взаємодії цих складників, що суттєвим чином утруднює постановку задач для таких об'єктів.

Подолання цих труднощів вбачається у використанні варіаційних нерівностей, як математичного апарату постановки відповідних задач для неідеалізованих механічних та гідромеханічних систем, зокрема й для системи «машина – робоче середовище» з подальшим будуванням відповідних аналітичних та числових методів розв'язування таких задач. Застосування підходу пов'язується із запровадженням структури енергії, як суму ексергії та анергії, що особливо важливим є для дослідження середовищ із дисипативними властивостями. Використання реологічних моделей для визначення енергетичних втрат у механічних і гідромеханічних процесах поряд із методами варіаційних нерівностей є підставою для формулювання та розв'язування різних класів практичних завдань прикладної та інженерної механіки, поданих нижче.

Метою даного дослідження є ефективне розв'язання проблем, що виникають під час взаємодії машин та робочого середовища з урахуванням їхніх структурних особливостей і реологічних властивостей. Зокрема збудовано розв'язки низки практично вагомих задач такої проблематики.

Розроблено методи енергетичного підходу для інженерного оцінювання інтенсивності колієутворювання: отримано вираз прогресуючих залишкових прогинів $w = w(t)$ контактної поверхні:

$$w = w(t) \leq \frac{\frac{F}{S_{\dot{\epsilon}}} + \sigma_T \cdot \left(1 + \frac{4k_1^2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\sqrt{S_{\dot{\epsilon}}}}{H} \right)}{\frac{E}{H}(2 - \nu^2) + \frac{2\pi\mu}{t} \cdot k_1^2}, \quad (1)$$

де E, ν – модуль Юнга та коефіцієнт Пуасона ґрунту, H – глибина ґрунту, на якій істотними є пружні деформації, σ_T – границя текучості ґрунту, μ – його динамічна в'язкість, k_1 – поправочний коефіцієнт, який враховує відхилення реального об'єму в'язкого чи пластичного деформування від тору, t – час, $\pi \approx 3,14$, Δh – повний прогин матеріалу ґрунту, який складається з $\Delta h_{\text{пр}}$, $\Delta h_{\text{зали}}$ – пружного та залишкового (пластичного) прогинів відповідно, S_e – площа контактної площадки (див. рис. 1).

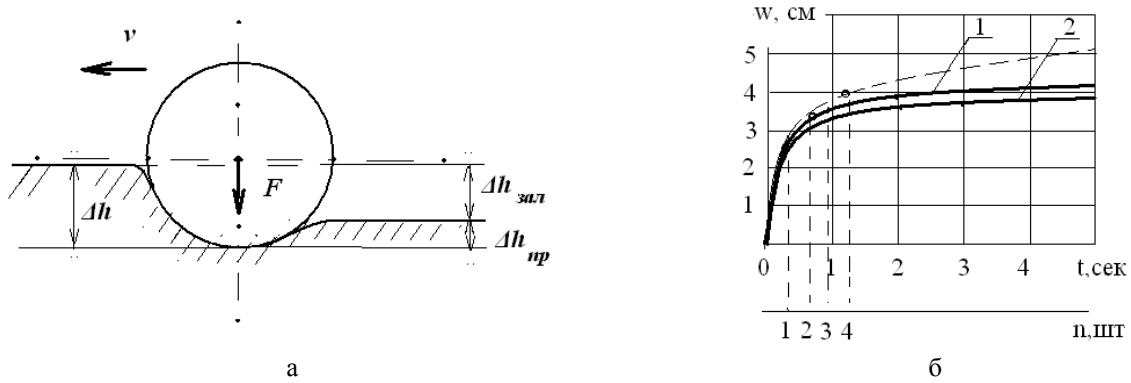


Рис. 1 – Колісутворення від руху мобільної машини ґрунтовою поверхнею
 а – схема взаємодії рушія з ґрунтом; б – залежність залишкових прогинів точок поверхні руху від часу t та кількості проїздів n для різних ґрунтів; 1 – зволожені ґрунти, 2 – жорсткі ґрунти, штрихпунктирна лінія – перезволожені податливі ґрунти, відповідні умовам проведення експериментів (точки на рисунку)

Встановлено характеристики зношення рухомих ущільнень, зокрема Виконано оцінку ресурсу рухомих ущільнень гідроприводів машин: визначено зміну товщини нещільності між корпусом гідроциліндра (рис. 2) та ущільнювачем:

$$\Delta H = \frac{Kv_{\Delta Q}\Delta t}{\chi\pi D l} \geq \frac{H}{(\pi D l)^2} \cdot \frac{F - \frac{F^2}{\pi D^2 E} - K}{24\mu + \frac{1}{16} \frac{\rho D^2}{\Delta t}} \cdot \frac{K}{\chi} \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де F – діюча сила, μ – динамічна в'язкість, χ – питома об'ємна енергія зносу одиниці об'єму матеріалу ущільнення, K – модуль зносу. Характеристику зміни товщини нещільності від часу представлено на рисунку 2 б, в. Відзначимо нелінійну залежність виразу в правій частині (2) від величини модуля зносу та обернену пропорційність від динамічної в'язкості, що свідчить про сповільнення процесів зносу під час контактування твердих тіл у гідромеханічній системі завдяки в'язкісним процесам у гідравлічній складовій.

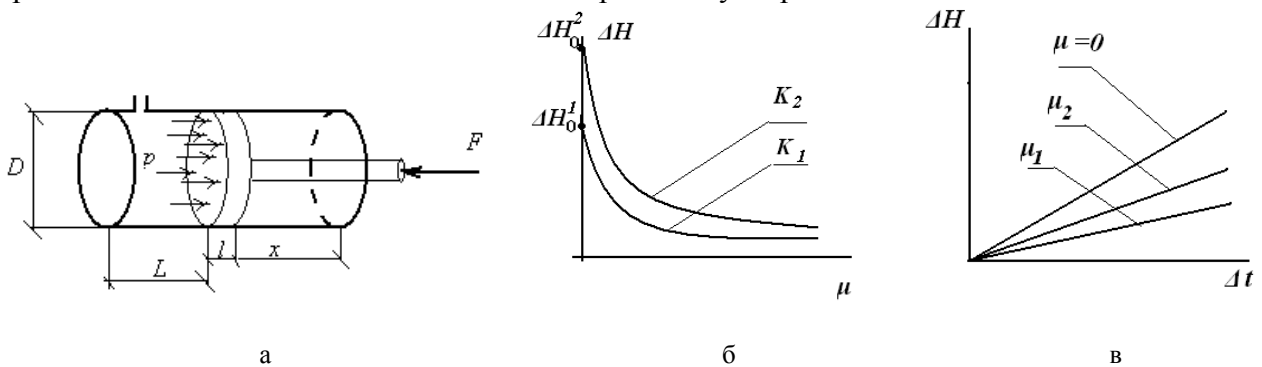


Рис. 2 – Гідроциліндр із поршнем а – схема навантаження; б – залежність нижньої межі зносу від динамічної в'язкості гідравлічної рідини для різних значень модулів зносу $K_2 > K_1$, ΔH_0 – величина зносу за відсутності машення; в – залежність зносу від часу, $\mu_1 \gg \mu_2$

Встановлено параметри інтенсивності розмивання берегової лінії річковим потоком під час повеней та паводків, визначено інтенсивність зношування різальних кромek деревинoобрoбчoгo устaткoвaння тoщo.

Обґрунтовано варіаційно-енергетичне формулювання та будування уточнених розв'язків проблем міцності, динаміки, стійкості структурно неоднорідних елементів конструкцій машин в їхній взаємодії з робочим середовищем. Зокрема отримано розв'язки задач динаміки, міцності та стійкості шаруватих елементів конструкцій із міжфазною неоднорідністю. У цьому контексті визначено особливості процесу руйнування багатошарового композитного елемента конструкції в залежності від характеристик шарів, що дає можливість керувати тріщиностійкістю елементів конструкцій машин шляхом підбору реологічних характеристик матеріалів компонент композиту (див. рис. 3).

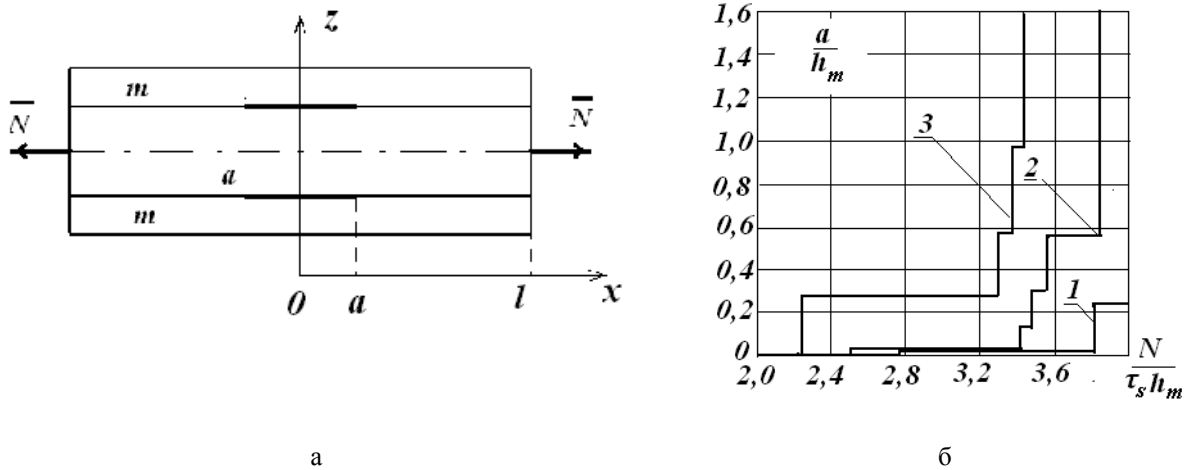


Рис. 3 – Процес розвитку розшарувань в тришаровій структурі
а – вигляд зразка; б – діаграма «навантаження – довжина розшарування»

Визначено частоти власних коливань (див. рис. 4) та критичні зусилля для циліндричних оболонок у залежності від ступеня міжфазної пошкодженості. Встановлено, що в шаруватих елементах конструкцій резонансні частоти характеризуються діапазоном, ширина якого досягала до 9 % несучої резонансної частоти суцільного зразка.

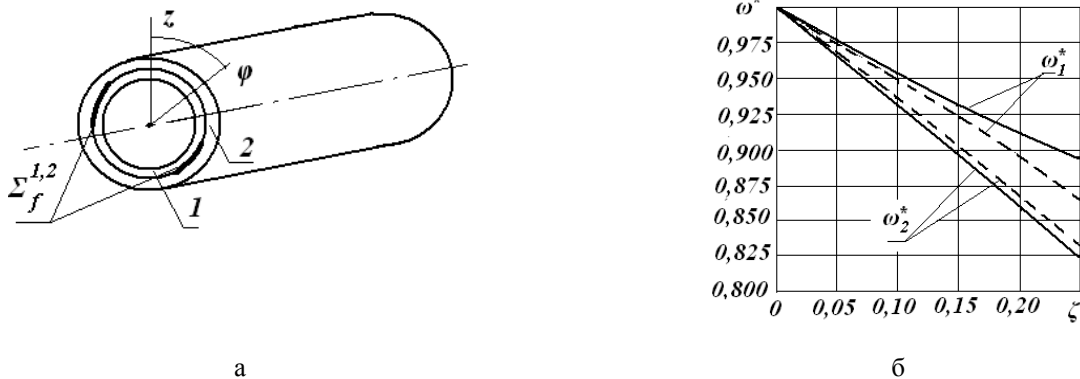


Рис. 4 – Залежність безрозмірних величин власних частот коливання прогинів протяжної двохшарової оболонки від ступеня міжшарового пошкодження а – загальний вигляд; б – графічне представлення залежностей

Змодельовано механізми демпфування в елементах конструкцій з армованих композитів: побудовано вирази амплітудо-частотних і фазово-частотних (див. рис. 5) характеристик у залежності від ступеня міжшарової пошкодженості зразка. Отримані результати свідчать, що існує можливість зниження рівня вібрацій в елементах конструкцій мобільних машин до 16 % шляхом використання багатошарових вставок-гасників із заданою міжфазною пошкодженістю.

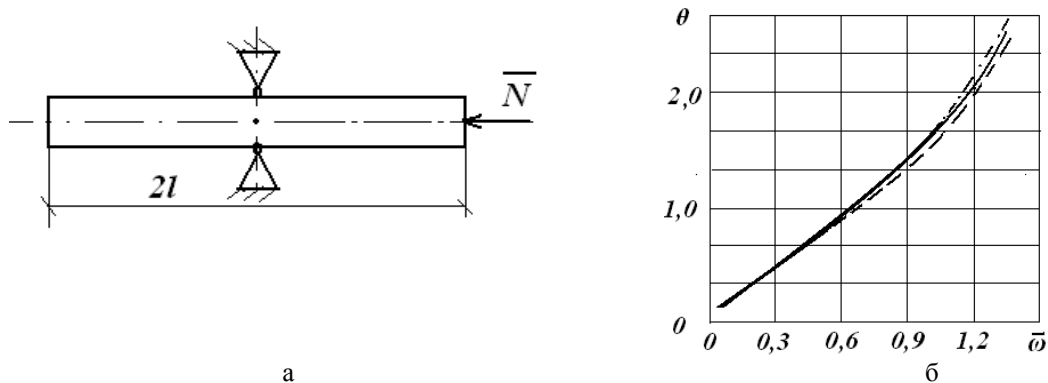


Рис. 5 – Фазово-частотна характеристика композитного зразка а – схема вібронавантаження; б – графічне представлення ФЧХ для $T_s = 0,0026$ (суцільна лінія), $T_s = 0$ (штрихова лінія), $T_s = 0,01$ (штрихпунктирна лінія)

Обґрунтовано варіаційно-енергетичний підхід у розрахунках і проектуванні конструкцій машин для лісотехнічних робіт із урахуванням структурних особливостей.

Встановлено енергетичний базис у теоретичних та емпіричних підходах до визначення критерію довготривалої успішної експлуатації земляних гребель.

Сформувані наукові засади інтегрованого енергозабезпечення робочих процесів машин і обладнання лісового господарства з відновних джерел.

Подані розв'язки різноманітних класів задач для окреслених об'єктів досліджень свідчать про універсальність енергетичного підходу.

Список використаних джерел

1. Яхно, О. М. Ексергійний аналіз та метод варіаційних нерівностей в деяких задачах гідромеханіки / О. М. Яхно, О. С. Мачуга // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. «Машинобудування». – 2016. - №3(78). – С. 19 – 25.
2. Седов, Л. И. Види енергии и их трансформации / Л. И. Седов // Прикладная математика и механика. – 1981. – Вып. 6, т. 45. – С. 964 – 984.
3. Мачуга, О. С. Енергетичний підхід до розв'язування проблем неідеалізованої механічної взаємодії мобільних машин із оточуючим середовищем / О. С. Мачуга, О. М. Яхно // XXIII Міжнародна науково – технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» Київ, 19 – 22 червня 2018 р.: матеріали конференції. – Київ: 2018. – С. 28 – 32.

УДК 621.875

Головко Л.Ф., д.т.н., проф., Блощин М.С., к.т.н., доцент., Салій С.С., аспірант, Тонкошкурій А.В., студент, Трапезніков О.П., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОЛІТНО-ПЛАЗМОВОГО РОЗРЯДУ ПРИ ПОЛІРУВАННІ СТРУМИННИМИ ТЕЧІЯМИ ЕЛЕКТРОЛІТУ

Анотація. За результатами експериментальних досліджень електролітно-плазмового розряду при поліруванні у створеному макеті спостерігався контрольований плазмовий шар електроліту. Розроблено макет для перевірки особливостей роботи для визначення його робочих характеристик та візуального спостереження появи електролітно-плазмового розряду, визначення його розмірів та параметрів. Застосування ультразвукових коливань призводить до зменшення товщини плазмового шару, що дозволяє використовувати менші напруги для створення електролітно-плазмового розряду під час комбінованого полірування. Комбінація імпульсної подачі напруги з оптимальним складом електроліту дає максимальний результат. Проведене дослідження електролітно-плазмового розряду для обробки заданих поверхонь показало його працездатність та можливість застосування наприклад для полірування дзеркал лазерних систем.

Ключові слова: полірування, електроліт, розряд, електролітно-плазмовий.